



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09269329 A**(43) Date of publication of application: **14.10.97**

(51) Int. Cl. **G01N 37/00**  
**G01B 11/30**  
**G11B 9/00**  
**G11B 11/00**

(21) Application number: **08103361**(22) Date of filing: **29.03.96**(71) Applicant: **CANON INC**

(72) Inventor: **KURODA AKIRA**  
**SHIMADA YASUHIRO**

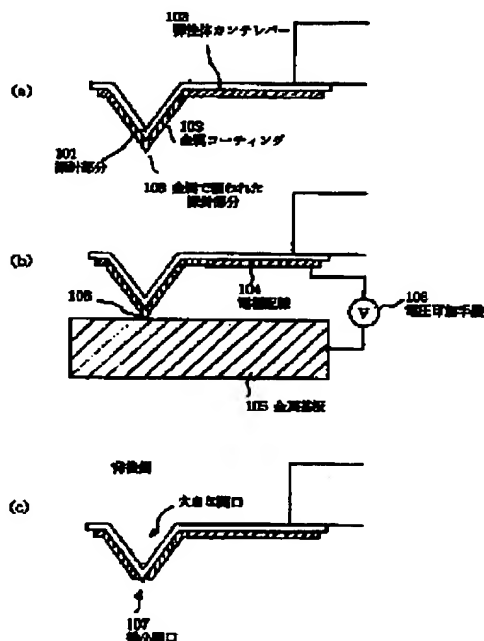
(54) **METHOD OF MANUFACTURING PROBE HAVING MINUTE OPENING, COMPOSITE DEVICE OF SCANNING PROXIMITY FIELD OPTICAL MICROSCOPE AND SCANNING TUNNEL MICROSCOPE USING THE PROBE AND RECORDER/REPRODUCER USING THE PROBE**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To contrive improvement of yield by bringing a metal coated probe into contact with metal material, and removing the coated metal of the edge of the probe by voltage application.

**SOLUTION:** An elastic cantilever 102 which is metal-coated and whose edge has a sharp probe part 101 is made, a probe part 108 covered with metal is brought into contact with a metal substrate 105, electrode wiring 104 is conducted with a voltage application means 106, and voltage is impressed between the probe part 108 and the metal substrate 105. Thereby the coated metal film of the edge part of the probe is removed by electric field evaporation or heat fusion, and a minute opening 107 is formed. The diameter of the minute opening 107 can be controlled by controlling the diameter of the edge of the probe, film thickness of coating metal 103, contact force of the edge of the probe for the metal substrate 105 and a voltage application condition. It is in the range of about 10-100nm that the opening 107 can be stably formed.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-269329

(43)公開日 平成9年(1997)10月14日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 37/00			G 0 1 N 37/00	E
G 0 1 B 11/30			G 0 1 B 11/30	C
G 1 1 B 9/00		9075-5D	G 1 1 B 9/00	Z
11/00			11/00	
審査請求 未請求 請求項の数17 F D (全 13 頁)				

(21)出願番号 特願平8-103361

(22)出願日 平成8年(1996)3月29日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 黒田 亮

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72)発明者 島田 康弘

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

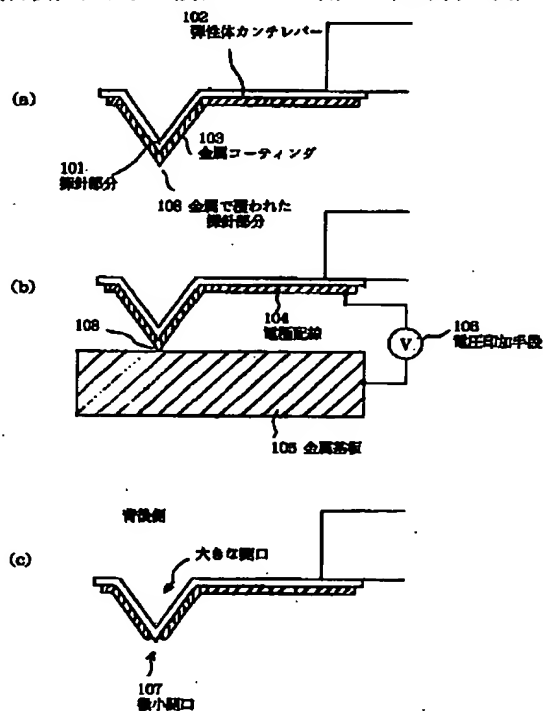
(74)代理人 弁理士 長尾 達也

(54)【発明の名称】 微小開口を有するプローブの作製法とそれによるプローブ、並びに該プローブを用いた走査型近接場顕微鏡と走査型トンネル顕微鏡との複合装置、および該プローブを用いた記録再生装置

(57)【要約】

【課題】本発明は、大きさにばらつきがなく、歩留まりも良好な微小開口が短時間で容易に形成でき、集積化・小型化が可能で分解能が良好な微小開口を有するプローブの作製法とそれによるプローブ、並びに該プローブを用いた走査型近接場顕微鏡と走査型トンネル顕微鏡との複合装置、および該プローブを用いた記録再生装置を提供することを目的としている。

【解決手段】本発明は、上記課題を解決するため、走査型近接場顕微鏡およびその原理を応用した情報記録再生装置等における先端のコーティング部に微小開口を有するプローブの作製法において、前記プローブを導電性材料でコーティングしてその先端を導電性基板に接触させ、該コーティングされたプローブと該基板との間に電圧を印加することにより、該プローブ先端のコーティング材料を除去し微小開口を形成することを特徴とする微小開口を有するプローブの作製法と、それによるプローブ、並びに該プローブを用いた走査型近接場顕微鏡と走査型トンネル顕微鏡との複合装置、および該プローブを用いた記録再生装置を構成するものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】走査型近接場光顕微鏡およびその原理を応用した情報記録再生装置等における先端のコーティング部に微小開口を有するプローブの作製法において、前記プローブを導電性材料でコーティングしてその先端を導電性基板に接触させ、該コーティングされたプローブと該基板との間に電圧を印加することにより、該プローブ先端のコーティング材料を除去し微小開口を形成することを特徴とする微小開口を有するプローブの作製法。

【請求項 2】前記プローブは、弾性体で形成され、または弾性体により支持され、該弾性体を弾性変形させて該プローブ先端と前記基板との間に作用する力を制御するように構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の微小開口を有するプローブの作製法。

【請求項 3】前記プローブが、複数のプローブであり、該複数のプローブ先端を同時に前記基板に接触させ、該複数のプローブ先端に同時に微小開口を形成することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の微小開口を有するプローブの作製法。

【請求項 4】走査型近接場光顕微鏡およびその原理を応用した情報記録再生装置等における先端のコーティング部に微小開口を有するプローブにおいて、導電性材料でコーティングしたプローブ先端を導電性基板に接触させ、該コーティングされたプローブと該基板との間に電圧を印加し、該プローブ先端のコーティング材料を除去することによって形成された微小開口を有していることを特徴とするプローブ。

【請求項 5】前記プローブは、光学的に透明な材料からなる探針と該探針を支持する弾性体支持部とからなり、該探針はその先端に形成された導電性コーティング薄膜に直径 100 [nm] 以下の大きさの微小開口を有すると共に、該微小開口を有する該探針先端面に対する該探針の逆側面には導電性コーティング薄膜が形成されていないことを特徴とする請求項 4 に記載のプローブ。

【請求項 6】前記プローブは、前記微小開口を光学的に透明で導電性を有する材料で覆ったことを特徴とする請求項 4 または請求項 5 に記載のプローブ。

【請求項 7】前記光学的に透明で導電性を有する材料が、ITOであることを特徴とする請求項 6 に記載のプローブ。

【請求項 8】前記光学的に透明で導電性を有する材料が、ポリジアセチレンであることを特徴とする請求項 6 に記載のプローブ。

【請求項 9】プローブと、該プローブ先端におもて面を対向して配置された試料と、該試料の裏面に光を照射する手段と、該プローブの微小開口を通った光の強度を検出する手段と、該試料面内で該対向方向と垂直な方向に該プローブと該試料とを相対移動させる手段とを有する走査型近接場光顕微鏡において、

前記プローブが請求項 4 または請求項 5 に記載のプロ

ブで構成されていることを特徴とする走査型近接場光顕微鏡。

【請求項 10】前記光強度検出手段が、前記プローブの微小開口の背後に位置するよう該プローブを支持する部材と一体に構成されていることを特徴とする請求項 9 に記載の走査型近接場光顕微鏡。

【請求項 11】前記プローブが、複数のプローブであり、前記光強度検出手段が該複数のプローブの微小開口を通った光をそれぞれ独立に検出する複数の光強度検出手段であることを特徴とする請求項 9 に記載の走査型近接場光顕微鏡。

【請求項 12】プローブと、該プローブ先端におもて面を対向して配置された試料と、該試料の裏面に光を照射する手段と、該プローブの微小開口を通った光の強度を検出する手段と、該プローブ先端と該試料との間に流れる電流を検出する手段と、該試料面内で該対向方向と垂直な方向に該プローブと該試料とを相対移動させる手段とを有する走査型近接場光顕微鏡と走査型トンネル顕微鏡との複合装置において、

前記プローブが請求項 6 に記載のプローブで構成されていることを特徴とする走査型近接場光顕微鏡と走査型トンネル顕微鏡との複合装置。

【請求項 13】前記光検出手段が、前記プローブの微小開口の背後に位置するよう該プローブを支持する部材と一体構成されていることを特徴とする請求項 12 に記載の走査型近接場光顕微鏡と走査型トンネル顕微鏡との複合装置。

【請求項 14】前記プローブが、複数のプローブであり、前記光強度検出手段が該複数のプローブの微小開口を通った光をそれぞれ独立に検出する複数の光強度検出手段であることを特徴とする請求項 12 に記載の走査型近接場光顕微鏡と走査型トンネル顕微鏡との複合装置。

【請求項 15】プローブと、該プローブ先端におもて面を対向して配置された記録媒体と、該記録媒体面内で該対向方向と垂直な方向に該プローブと該記録媒体とを相対移動させる手段と、該プローブ先端と該記録媒体の間に電圧を印加して情報の記録を行う手段と、該記録媒体の裏面に光を照射する手段と、該プローブの微小開口を通った光の強度を検出する手段と、該検出光強度をもとに情報の再生を行う手段とを有する記録再生装置において、

前記プローブが請求項 6 に記載のプローブで構成されていることを特徴とする走査型近接場光顕微鏡と走査型トンネル顕微鏡との複合装置。

【請求項 16】前記光強度検出手段が、前記プローブの微小開口の背後に位置するよう該プローブを支持する部材と一体構成されていることを特徴とする請求項 15 に記載の記録再生装置。

【請求項 17】前記プローブが、複数のプローブであり、前記光強度検出手段が該複数のプローブの微小開口を

通った光をそれぞれ独立に検出する複数の光強度検出手段であることを特徴とする請求項15に記載の記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、走査型近接場光顕微鏡およびその原理を応用した情報記録再生装置等における微小開口を有するプローブの作製法とそれによるプローブ、並びに該プローブを用いた走査型近接場光顕微鏡と走査型トンネル顕微鏡との複合装置、および該プローブを用いた記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ナノメートル以下の分解能で導電性物質表面を観察可能な走査型トンネル顕微鏡（以下STMと略す）が開発され（米国特許第4,343,993号明細書）、金属・半導体表面の原子配列、有機分子の配向等の観察が原子・分子スケールでなされている。また、STM技術を発展させ、絶縁物質等の表面をSTMと同様の分解能で観察可能な原子間力顕微鏡（以下AFMと略す）も開発された（米国特許第4,724,318号明細書）。また、STMを発展させたものとして、尖鋭なプローブ先端の微小開口からしみ出すエバネッセント光を利用して試料表面状態を調べる走査型近接場光顕微鏡（以下SNOMと略す）[Durig他, J. Appl. Phys. 59, 3318 (1986)]が開発された。さらに、試料裏面からプリズムを介して全反射の条件で光を入射させ、試料表面へしみ出すエバネッセント光を試料表面から光プローブで検出して試料表面を調べるSNOMの一種であるフォトンSTM（以下PSTMと略す）[Reddick他, Phys. Rev. B 39, 767 (1989)]も開発された。

【0003】さて、上記のSNOMにおいては、光プローブの先端径が分解能を決定するため、これまで種々の光プローブの作製方法が工夫されてきた。例えば、PSTMでは光プローブの先端に微小開口を設けず、光プローブとして用いる光ファイバー端面の化学エッチング条件を最適化することにより先端を尖鋭化し、分解能を向上させてきた。また、初期のSNOMにおいては、透明結晶の劈開面の交点を金属でコーティングし、これを固い面に押しつけ交点部分の金属を除去して交点を露出させ微小開口を作製した（欧州特許EP0112402号）。その後、微小開口をリソグラフィーの手法を用いて作製する方法も用いられている。また、微小開口と光導波路を一体構成して光プローブを作製する方法も提案されている（米国特許第5,354,985号明細書）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記従来例のうち、PSTMの場合のように光プローブに微小開口

を用いない場合、試料表面の凹凸による散乱光等エバネッセント光以外の迷光を検出してしまい、分解能が低下してしまうという問題が生じる。また、光ファイバーをエッチングする方法では、光プローブを集積化・小型化して作製することが困難である。そして、また、従来の微小開口の形成方法のうち、結晶劈開面を利用する方法では、微小開口径の大きさにばらつきが生じやすく、歩留まりも良好でなく、また、集積化・小型化することも難しかった。また、フォトリソグラフィーを用いた微小開口形成方法においては、加工装置の精度の限界から、100[nm]程度の直径の開口が限界で、10[nm]程度の直径の微小開口を作製することが難しかった。したがって、SNOM装置としての分解能に限界を生じた。また、工程も複雑になってしまい、時間も要しコスト的にも高価になるという問題点があった。EB加工装置やFIB加工装置を用いれば、100[nm]以下の開口形成も原理的には可能であるが、位置合わせ制御も複雑で、ばらつきが生じやすく、かつ、一点一点の加工法であるため歩留まりがよくなかった。

10 【0005】そこで、本発明は、上記従来技術における課題を解決し、大きさにばらつきがなく、歩留まりも良好な微小開口が短時間で容易に形成でき、集積化・小型化が可能で分解能が良好な微小開口を有するプローブの作製法とそれによるプローブ、並びに該プローブを用いた走査型近接場光顕微鏡と走査型トンネル顕微鏡との複合装置、および該プローブを用いた記録再生装置を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するため、微小開口を有するプローブの作製法とそれによるプローブ、並びに該プローブを用いた走査型近接場光顕微鏡と走査型トンネル顕微鏡との複合装置、および該プローブを用いた記録再生装置をつぎのように構成している。すなわち、本発明のプローブの作製法は、導電性材料でコーティングしたプローブ先端を導電性基板に接触させ、該コーティングされたプローブと該基板との間に電圧を印加し、該プローブ先端のコーティング材料を除去し微小開口を形成することにより、微小開口を有するプローブを作製するようにしている。さらに、前記プローブが弾性体からなるようにし、または、弾性体に支持されるようにし、該弾性体を弾性変形させて該プローブ先端と前記基板との間に作用する力を制御するようにしている。さらに、複数の前記プローブ先端を同時に前記基板に接触させ、該複数のプローブ先端に同時に微小開口を形成するようにしている。

40 【0007】上述の方法で作製した微小開口を有するプローブは、光学的に透明な材料からなる探針と、該探針先端に直径100[nm]以下の大きさの微小開口を有し、かつ該探針先端と逆側に該微小開口の直径より大きい直径の開口を有する導電性コーティング薄膜と、該探

針を支持する弾性体とから構成されている。さらに、探針先端に導電性を持たせるため、前記微小開口を光学的に透明かつ導電性を有する材料で覆うようにしている。前記光学的に透明かつ導電性を有する材料として、例えばITO・ポリジアセチレンを用いている。

【0008】また、走査型近接場光顕微鏡において、上記に記載のプロープと、該プロープ先端におもて面を対向して配置された試料と、該試料の裏面に光を照射する手段と、該プロープの微小開口を通った光の強度を検出する手段と、該試料面内で該対向方向と垂直な方向に該プロープと該試料とを相対移動させる手段とを有するようにし、測定分解能を向上させている。また、上記に記載の導電性を有するプロープと、該プロープ先端におもて面を対向して配置された試料と、該試料の裏面に光を照射する手段と、該プロープの微小開口を通った光の強度を検出する手段と、該プロープ先端と該試料との間に流れる電流を検出する手段と、該試料面内で該対向方向と垂直な方向に該プロープと該試料とを相対移動させる手段とを有するようにし、測定分解能を向上させた走査型近接場光顕微鏡と走査型トンネル顕微鏡との複合装置を実現している。

【0009】また、記録再生装置において、上記に記載の導電性を有するプロープと、該プロープ先端におもて面を対向して配置された記録媒体と、該記録媒体面内で該対向方向と垂直な方向に該プロープと該記録媒体とを相対移動させる手段と、該プロープ先端と該記録媒体の間に電圧を印加して情報の記録を行う手段と、該記録媒体の裏面に光を照射する手段と、該プロープの微小開口を通った光の強度を検出する手段と、該検出光強度をもとに情報の再生を行う手段と、を有するようにし、再生精度を向上させている。

【0010】さらに、前記の走査型近接場光顕微鏡、走査型近接場光顕微鏡と走査型トンネル顕微鏡との複合装置、記録再生装置において、前記光強度検出手段が前記プロープの微小開口の背後に位置するよう該プロープを支持する部材と一体構成し、光検出分解能を低下させることなく、光強度検出手段との集積化を可能としている。

【0011】さらに、前記の走査型近接場光顕微鏡、走査型近接場光顕微鏡と走査型トンネル顕微鏡との複合装置、記録再生装置において、前記プロープを複数のプロープとし、前記光強度検出手段が該複数のプロープの微小開口を通った光をそれぞれ独立に検出する複数の光強度検出手段であるようにし、大面積の試料表面の高速測定、または、大容量情報の高速記録再生ができるようにしている。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明は、上記プロープの作製法により、大きさにばらつきがなく、歩留まりも良好な微小開口が短時間で容易に形成でき、集積化・小型化が可

能なプロープを実現することができる。そしてこの作製法によるプロープを用いて走査型近接場光顕微鏡および走査型近接場光顕微鏡と走査型トンネル顕微鏡との複合装置を構成することにより、測定分解能を向上させることができ、また記録再生装置を構成することにより、再生精度の向上を図ることができ、その複数プロープによるマルチ化によって大容量情報の高速記録再生を実現することが可能となる。

【0013】

10 【実施例】以下に、本発明の実施例を図に基づいて説明する。図1～図3は、本発明の微小開口を有するプロープの作製法を示すものである。まず、このプロープの作製法について、図3を用いて先端部分が金属コーティングされた探針を有する弾性体カンチレバーの作製法を説明する。図3aに示すように、面方位(100)を有するSi基板301に対して5[μm]四方の矩形部分を除いたSiO<sub>2</sub>マスク303を施し、KOH溶液で異方性エッチングを行い、ピラミッド型の溝302を形成する。次に、図3bに示すようにスパッタ法で膜厚0.1

20 [μm]のPt膜304を形成後、探針先端コート部分305および電極配線306をパターニングする。その後、低圧CVDで1[μm]膜厚のSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜307を形成後、カンチレバー形状にパターニングする。さらに、図3cに示すようにカンチレバーを支持するためにガラス基板308を陽極接合する。最後に、図3dに示すように、KOH溶液でSi基板を除去し、Ptでコーティングされた探針先端309を有する弾性体カンチレバー310を形成する。

30 【0014】以上のように作製された金属コート探針を有するカンチレバーに対して、微小開口を作製する方法(断面図)を図1に示す。図2は図1に対応する平面図である。図1a、2aにおいて、101は先端が鋭い探針部分、102は弾性体レバー、103は金属コーティングである。金属で覆われた探針部分108を金属基板105に接触させ、電圧印加手段106で電極配線104を通し、探針部分108と金属基板105との間に電圧を印加する。これにより、探針先端部分のコーティング金属膜を電界蒸発あるいは熱溶解により除去し、微小開口が形成される。

40 【0015】ここで、(1)探針先端径、(2)コーティング金属の膜厚、(3)金属基板に対する探針先端の接触力、(4)印加電圧条件、をそれぞれ制御することにより、コーティング金属膜の除去の程度、すなわち微小開口の径を制御することができる。探針先端径が小さければ、金属基板に対する探針先端の接触面積が小さくなり、電圧印加の際に電界の加わる領域や電流の流れる領域が集中するため、コーティング金属膜の除去される領域が小さくなる。探針先端径を小さくするためには、尖鋭化処理により探針そのものを尖鋭化するほか、コーティング金属膜の形成時に金属表面が荒くなるような形

50

成法や金属材料を選択すればよい。前述の弾性体カンチレバー形成法における具体例をあげると、異方性エッチングによるピラミッド型溝を形成後、低温熱酸化を行うことにより、ピラミッド型溝の先端（底）を尖鋭化することができる。また、Pt膜を成膜する場合にも蒸着法よりもスパッタ法を選択すれば、Pt膜を形成するPt粒が細くなり、コーティングされた探針先端を尖鋭化することができる。コーティング金属膜の膜厚が小さければ、探針先端径が小さい場合と同様、電圧印加の際に電界の加わる領域や電流の流れる領域が集中するため、コーティング金属膜の除去される領域が小さくなる。しかしながら、作製法にもよるが金属膜の膜厚を100 [nm] より小さくすると、連続膜となりにくくなる傾向がある。これでは本発明のプロープには適さないため、金属膜の膜厚は100 [nm] 程度が望ましい。また、接触力が小さければ、金属基板に対する探針先端の接触面積が小さくなり、やはりコーティング金属膜の除去される領域が小さくなる。接触力を小さくするためには、以下のようにすればよい。弾性体カンチレバー102を弾性変形させることにより、金属で覆われた探針部分108と金属基板105との接触力を所望の値に制御することができる。例えば、弾性体カンチレバー102の弾性変形に関する探針部分位置換算の弾性定数を $k$ とすると、金属基板105に対する接触による探針部分位置換算の弾性体カンチレバー102の弾性変形量を $\Delta z$ 以下にすることにより、接触力を $k\Delta z$ 以下にすることができる。さらに、印加電圧の波高、波形、時間幅、負荷抵抗を調節することにより、探針先端に加わる電界および探針-金属基板間に流れる電流の大きさ、時間的变化を制御することができ、これによりコーティング金属膜の除去の程度を制御することができる。実際に、金属コーティング材料がPtで先端径が20 [nm] である探針を有し、弾性定数が0.1 [N/m] の弾性体カンチレバーの弾性変形量を1 [ $\mu$ m] 以下に、すなわち接触力を $10^{-7}$  [N] 以下に制御した状態でAu金属基板に接触させて、波高値：10 [V]、波形：矩形波、時間幅：100 [ $\mu$ s]、負荷抵抗：1 [M $\Omega$ ] の電圧を印加したところ、微小開口の径が約10 [nm] となった。

【0016】本発明の微小開口形成方法では、上述の（1）探針先端径、（2）コーティング金属の膜厚、（3）金属基板に対する探針先端の接触力、（4）印加電圧条件を変えることにより、微小開口径を3～1000 [nm] の範囲で制御することができた。ただし、100 [nm] 以上の径の開口作製の場合は電圧印加条件、接触力条件等の形成条件が過激となるためか、開口の形状が不安定になりがちで、探針先端の破壊が伴うこともあり、本発明のプロープとしてはあまり好ましくない。また、10 [nm] 以下では、再現性が良くないこともあり、安定に開口を形成することができるのは約

10～100 [nm] の範囲であった。上記のように作製した微小開口を有するプロープは探針先端のコーティング金属が除去されているため、探針先端は導電性を有していない。したがって、探針先端に導電性を必要とするような装置に用いる場合には図4に示すようにスパッタ法等によりITO等の透明導電性材料を探針先端近傍にコーティングすればよい。他にも、LB法によりポリジアセチレン等の導電性材料の単分子累積膜を探針先端近傍に成膜してもよい。

10 【0017】また、上記の微小開口を有するプロープの作製法は、特に複数のプロープに対して同時に微小開口を作製するのに適した方法である。図5に示すように複数のプロープ502、503、504の探針先端を金属基板501に対して接触させ、電圧印加手段505を用い、複数の探針-金属基板間に電圧を印加する。これにより、複数の開口を同時作製することができる。ここで、複数のプロープは弾性体カンチレバーで構成されているため、複数プロープの作製プロセス時の誤差等によって生じる金属基板表面を基準とした探針先端の図中 $z$ 方向の位置ばらつきがあっても、探針先端と金属基板の間の接触力の大きさをある値以下にした状態で、探針先端がすべて金属基板表面に接触した状態にすることができる。例えば、弾性体カンチレバーの弾性定数を $k$ 、複数プロープの作製プロセス時の誤差等によって生じる金属基板表面を基準とした探針先端の $z$ 方向位置ばらつきの最大量を $\Delta z'$  とすると、すべての探針先端が金属基板表面に接触した状態の接触力のばらつきは $k\Delta z'$  となるため、複数プロープの支持部材506と試料501の $z$ 方向位置を制御することにより、すべての探針先端が金属基板表面に接触した状態で、すべての接触力の大きさを $k\Delta z'$  以下にすることができる。

30 【0018】電圧印加の方法としては、デマルチプレクサを用い、複数のプロープに対して順次電圧印加を行い、微小開口を順番に作製すればよい。しかしながら、この場合は微小開口形成に時間を要することになる。この点を改良するためには、金属基板501と複数プロープの支持部材506とを金属基板表面に平行な面内方向に相対的に移動させながら電圧印加を行えばよい。これにより、一部のプロープにおける開口作製時に探針先端から除去されたコーティング金属材料が探針先端と金属材料との間に挟まり、探針先端と金属基板間が導通状態（＝低抵抗化）になって、他のプロープにおいて印加電圧値が低下し、微小開口形成が行われなくなることを避けることができ、複数プロープにおいて同時に微小開口形成が行われる。

40 【0019】さて、上述のようにして作製したプロープを応用した例を以下に説明する。図6は本発明のプロープを複数用い、マルチSNOMを構成した例である。図6において、601、602、603は本発明のプロープを用いたSNOMプロープ1、2、3である。複数の

SNOMプローブ1、2、3はプローブ支持部材604に一体構成で作製されている。また、表面にアバランシェフォトダイオード等、高感度の複数のフォトダイオード1(605)、2(606)、3(607)を作製したフォトダイオード支持部材608がプローブ支持部材604に張り合わされて一体化している。このときフォトダイオード1~3(605~607)の位置は、対応するSNOMプローブ1~3(601~603)の微小開口の背後(=図中、上部)になるよう設計、作製されている。

【0020】本発明のプローブでは、探針の微小開口と逆側には金属コーティングがないため、微小開口径よりも大きな(〜数 $\mu\text{m}$ )開口を有している。このため、微小開口の背後にスペースをとることができ、光導波路等を用いることなく、フォトダイオード等光検出機構を近傍に配置することができるため、光検出分解能を低下させることのない光検出機構との一体集積化が可能となった。被測定試料609は透明基板610上に設けられている。透明基板610を通して試料609の背後から試料609の表面において全反射の条件になるような角度で光611を入射する。このとき、光は試料609表面から図中、上方向に透過しないが、試料609表面からの距離が0.1[ $\mu\text{m}$ ]以下のごく近傍にはエバネッセント光と呼ばれる光がにじみ出している。このとき、複数のSNOMプローブ1~3(601~603)の探針先端が試料に接触するように配置すると、このエバネッセント光1(612)、2(613)、3(614)がSNOMプローブの微小開口を通して背後のフォトダイオード1~3(605~607)で検出される。検出されたエバネッセント光電流信号をI/V変換回路1(615)、2(616)、3(617)で電圧信号に変換し、マルチプレクサ618においてマルチSNOM信号とする。

【0021】ここで、複数のSNOMプローブは弾性体カンチレバーで構成されているため、試料に対し、探針先端がすべて接触した状態で、かつ、探針先端と試料の間の接触力の大きさをある値以下にすることができる。例えば、弾性体カンチレバーの弾性定数を $k$ 、複数SNOMプローブの作製プロセス時の誤差等によって生じる試料表面を基準とした探針先端の $z$ 方向位置ばらつきの最大量を $\Delta z$ とすると、すべての探針先端が試料表面に接触した状態の接触力のばらつきは $k\Delta z$ となるため、プローブ支持部材604と試料609の $z$ 方向位置を制御することにより、すべての接触力の大きさを $k\Delta z$ 以下にすることができる。これにより、大きな接触力が加わることによる探針先端の破壊や試料の破壊を避けることができる。図中、不図示であるが $xy$ アクチュエータを用い、複数SNOMプローブ1~3に対し試料609を試料面内方向(図中 $xy$ 方向)に2次元の相対走査を行い、 $xy$ 面内の各位置におけるSNOM信号の

大きさをプロットすることにより、試料609表面のSNOM観測像が得られる。

【0022】図7は本発明の導電性を有するプローブを用い、マルチSNOM/STMを構成した例である。図7において、701~703はそれぞれ導電性SNOMプローブ1~3、704はプローブ支持部材、705~707はフォトダイオード1~3、708はフォトダイオード支持部材、709は試料、710は透明基板、711は光、712~714はエバネッセント光1~3、715~717はI/V変換回路1~3、718はマルチプレクサ1である。これらの構成および機能、動作に関しては図6の説明と同様である。異なる点として、透明基板710上にITO等の透明導電性材料からできた透明電極719が設けられ、試料709は透明電極719上に構成されている。透明電極719はバイアス電圧印加手段720に接続され、バイアス電圧が印加されている。導電性SNOMプローブ1~3(701~703)の探針先端と透明電極719の間、すなわち、探針先端の接触部分の試料中を流れる電流をI/V変換回路1'(721)、2'(722)、3'(723)で電圧信号に変換し、マルチプレクサ2(724)においてマルチSTM信号とする。SNOM信号と同時に、2次元の相対走査中の $xy$ 面内の各位置におけるSTM信号の大きさをプロットすることにより、試料709表面のSNOM/STM同時観測像が得られる。

【0023】図8は本発明のプローブを複数用い、記録再生装置を構成した例である。図8において、801、802、803は本発明の導電性を有するプローブを用いた記録再生プローブ1、2、3である。複数の記録再生プローブ1、2、3はプローブ支持部材804に一体構成で作製されている。また、表面にアバランシェフォトダイオード等、高感度の複数のフォトダイオード1(805)、2(806)、3(807)を作製したフォトダイオード支持部材808がプローブ支持部材804に張り合わされて一体化している。このときフォトダイオード1~3(805~807)の位置は、対応する記録再生プローブ1~3(801~803)の微小開口の背後(=図中、上部)になるよう設計、作製されている。記録媒体809は透明基板810上の透明電極819上に設けられている。複数の記録再生プローブ1~3(801~803)の探針先端は記録媒体809表面に接触するように配置されている。情報の記録電圧信号がデマルチプレクサ820において分割され、各記録再生プローブ1~3(801~803)の導電性探針に印加され、記録媒体809の導電性探針が局所的に接触している部分に記録が行われる。ここで、記録媒体809としては、後述のように電圧印加あるいは電界印加、電流を流すことにより光学的特性が変化するような材料を用いる。

【0024】さて、以上のように記録された情報の再生



方法を以下に説明する。透明基板 810 を通して記録媒体 809 の背後から記録媒体 809 の表面において全反射の条件になるような角度で光 811 を入射させる。このとき、光は記録媒体 809 表面から図中、上方向に透過しないが、記録媒体 809 表面からの距離が 0.1  $[\mu\text{m}]$  以下のごく近傍にはエバネッセント光と呼ばれる光がにじみ出している。このとき、このエバネッセント光 1 (812)、2 (813)、3 (814) が記録再生プローブの微小開口を通して背後のフォトダイオード 1~3 (805~807) で検出される。検出されたエバネッセント光電流信号を I/V 変換回路 1 (815)、2 (816)、3 (817) で電圧信号に変換後、マルチプレクサ 818 において合成し、再生信号とする。ここで、複数の記録再生プローブは弾性体カンチレバーで構成されているため、記録媒体に対し、探針先端がすべて接触した状態で、かつ、探針先端と記録媒体の間の接触力の大きさをある値以下にすることができる。例えば、弾性体カンチレバーの弾性定数を  $k$ 、複数記録再生プローブの作製プロセス時の誤差等によって生じる記録媒体表面を基準とした探針先端の  $z$  方向位置ばらつきの最大量を  $\Delta z$  とすると、すべての探針先端が記録媒体表面に接触した状態の接触力のばらつきは  $k\Delta z$  となるため、プローブ支持部材 804 と記録媒体 809 の  $z$  方向位置を制御することにより、すべての接触力の大きさを  $k\Delta z$  以下にすることができる。これにより、大きな接触力が加わることによる探針先端の破壊や記録媒体の破壊を避けることができる。

【0025】図中、不図示であるが  $xy$  アクチュエータを用い、複数記録再生プローブ 1~3 に対し記録媒体 809 を記録媒体面内方向（図中  $xy$  方向）に 2 次元の相対走査を行い、 $xy$  面内の所定の位置において記録再生を行う。本実施例では、特に微小開口を有する複数の記録再生プローブで記録再生動作を行なうため、記録媒体に対し、高密度かつ高速の記録再生動作が可能な記録再生装置が実現されるという効果を有する。また、本実施例では電圧印加により記録を行う例を示したが、本実施例の構成では、光を照射した状態で電圧印加を行うことも可能である。このような場合、記録媒体として光照射下で電圧印加を行うことにより記録が行われるものを用いればよい。本実施例の記録再生装置において用いられる記録媒体としては、電圧印加により光学特性が変化する記録媒体の例として、特開平 4-90152 号公報に記載されているような電圧印加により、局所的に流れる電流によるジュール熱によりジアセチレン誘導体重合体に構造変化が起こり、光の吸収帯のピーク波長がシフトするような 10, 12-ペンタコサジン酸が挙げられる。また、光照射下の電圧印加により光学特性が変化する記録媒体の例として、特開平 2-98849 号公報に記載されているような光を照射した場合のみシス型 $\leftrightarrow$ トランス型の光異性反応を起こしてレドックス・ペアを

形成し、電界印加によりこのレドックス・ペア間でプロトン移動を起こすようなキノン基およびヒドロキノン基を有するアゾ化合物が挙げられる。

#### 【0026】

【発明の効果】以上による本発明のプローブの作製法は、形成方法が単純で複雑な工程を経ることもないため、微小開口形成プロセスが短時間で、大きさにばらつきがなく、歩留まりの良好な微小開口が形成でき、コストの低減化が図れ、集積化・小型化が可能なプローブを容易に実現することができる。そして、本発明のプローブの作製法における金属コーティングされた探針を金属材料に接触させ、電圧印加により探針先端のコーティング金属を除去する微小開口形成方法によると、直径 10  $[\text{nm}]$  程度の微小開口が作製できるので、これを SNOM や記録再生装置に用いることにより、測定分解能や再生精度を向上することが可能となる。また、本発明のプローブの作製法は、上記したように小型化、集積化に適した方法であるので、これを用いることにより小型の SNOM や記録再生装置、複数の光プローブを有する SNOM や記録再生装置を容易に実現することができる。また、本発明のプローブにおいて、微小開口を有する探針先端面に対する該探針の逆側面には導電性コーティング薄膜を形成しないように構成することにより、微小開口の背後にスペースをとることができ、フォトダイオード等光検出機構を配置し易くなり、光検出分解能を低下させることなく光検出機構との集積化が可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の微小開口を作製する方法の説明図（断面図）である。

【図 2】図 2 は、本発明の微小開口を作製する方法の説明図であり、図 2 (a) は図 1 (a) の平面図、図 2 (b) は図 1 (c) の平面図である。

【図 3】金属コーティングされた探針を有する弾性体カンチレバーの作製法の説明図である。

【図 4】導電性探針を有するプローブの構成図である。

【図 5】複数のプローブにおける複数の微小開口を同時作製する方法の説明図である。

【図 6】本発明のプローブを複数用いたマルチ SNOM の構成図である。

【図 7】本発明の導電性を有するプローブを用いたマルチ SNOM/STM の構成図である

【図 8】本発明のプローブを複数用いた記録再生装置の構成図である

#### 【符号の説明】

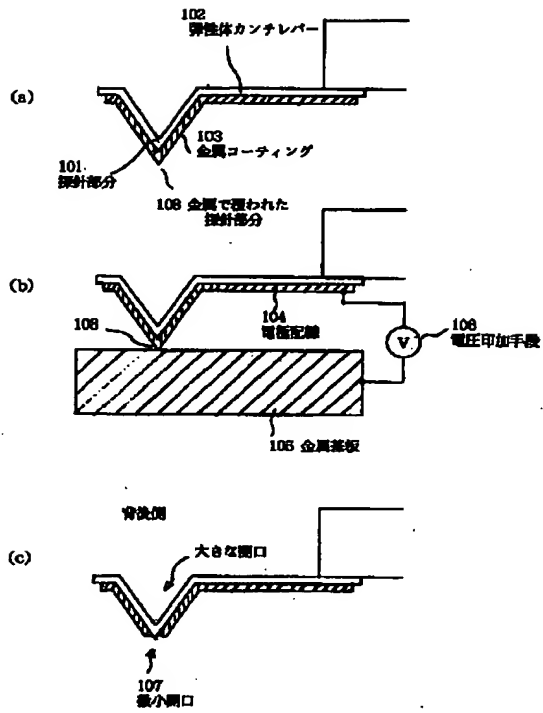
- 101：探針部分
- 102：弾性体カンチレバー
- 103：金属コーティング
- 104：電極配線
- 105：金属基板
- 106：電圧印加手段



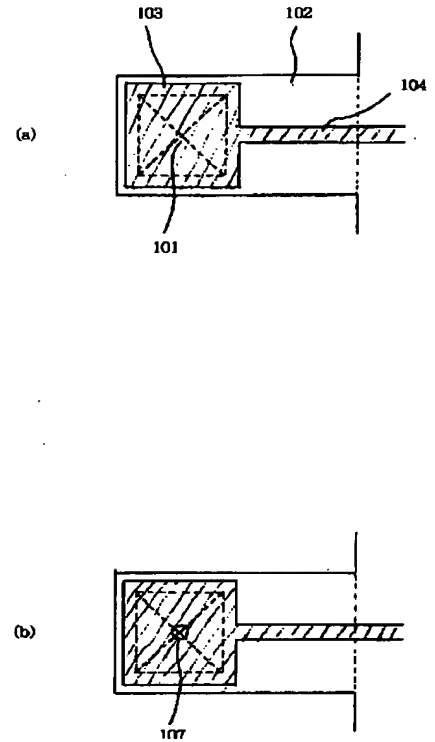
107: 微小開口  
 108: 金属で覆われた探針部分  
 301: 面方位(100) Si 基板  
 302: ピラミッド型溝  
 303: SiO<sub>2</sub>マスク  
 304: Pt 膜  
 305: 探針先端コート部分  
 306: 電極配線  
 307: Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜  
 308: ガラス基板  
 309: 金属でコーティングされた部分  
 310: カンチレバー  
 501: 金属基板  
 502: プローブ1  
 503: プローブ2  
 504: プローブ3  
 505: 電圧印加手段  
 506: 複数プローブの支持部材  
 601: SNOMプローブ1  
 602: SNOMプローブ2  
 603: SNOMプローブ3  
 604: プローブ支持部材  
 605: フォトダイオード1  
 606: フォトダイオード2  
 607: フォトダイオード3  
 608: フォトダイオード支持部材  
 609: 試料  
 610: 透明基板  
 611: 光  
 612: エバネッセント光1  
 613: エバネッセント光2  
 614: エバネッセント光3  
 615: I/V変換回路1  
 616: I/V変換回路2  
 617: I/V変換回路3  
 618: マルチプレクサ  
 701: 導電性SNOMプローブ1  
 702: 導電性SNOMプローブ2  
 703: 導電性SNOMプローブ3  
 704: プローブ支持部材

\* 705: フォトダイオード1  
 706: フォトダイオード2  
 707: フォトダイオード3  
 708: フォトダイオード支持部材  
 709: 試料  
 710: 透明基板  
 711: 光  
 712: エバネッセント光1  
 713: エバネッセント光2  
 10 714: エバネッセント光3  
 715: I/V変換回路1  
 716: I/V変換回路2  
 717: I/V変換回路3  
 718: マルチプレクサ1  
 719: 透明電極  
 720: バイアス電圧印加手段  
 721: I/V変換回路1'  
 722: I/V変換回路2'  
 723: I/V変換回路3'  
 20 724: マルチプレクサ2  
 801: 記録再生プローブ1  
 802: 記録再生プローブ2  
 803: 記録再生プローブ3  
 804: プローブ支持部材  
 805: フォトダイオード1  
 806: フォトダイオード2  
 807: フォトダイオード3  
 808: フォトダイオード支持部材  
 809: 記録媒体  
 30 810: 透明基板  
 811: 光  
 812: エバネッセント光1  
 813: エバネッセント光2  
 814: エバネッセント光3  
 815: I/V変換回路1  
 816: I/V変換回路2  
 817: I/V変換回路3  
 818: マルチプレクサ  
 819: 透明電極  
 \* 40 820: デマルチプレクサ

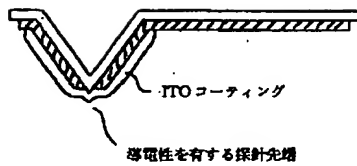
【図1】



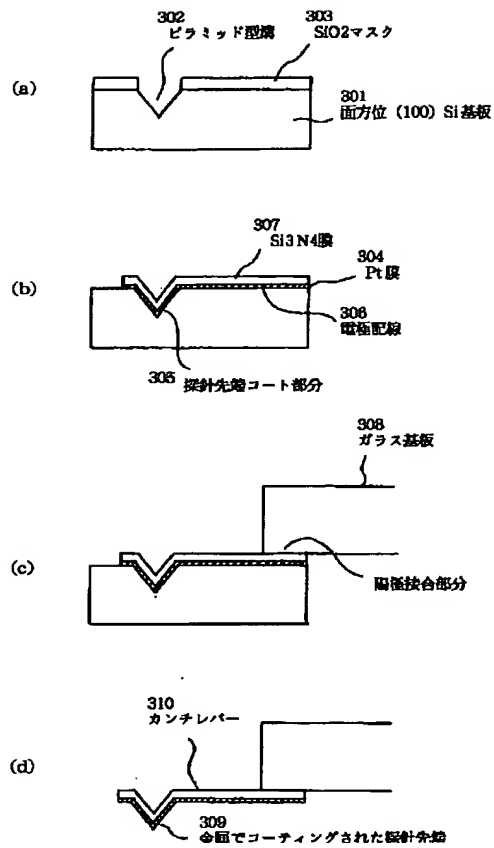
【図2】



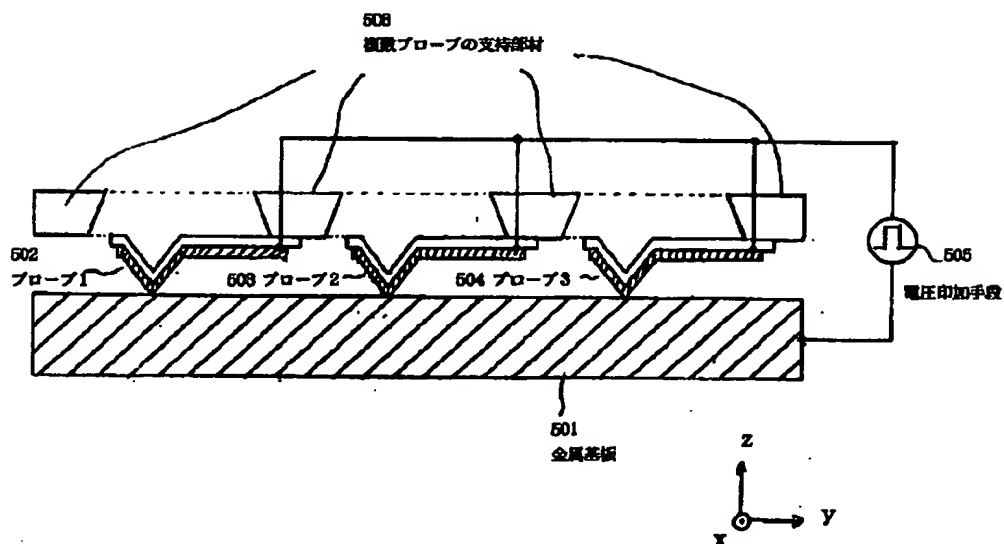
【図4】



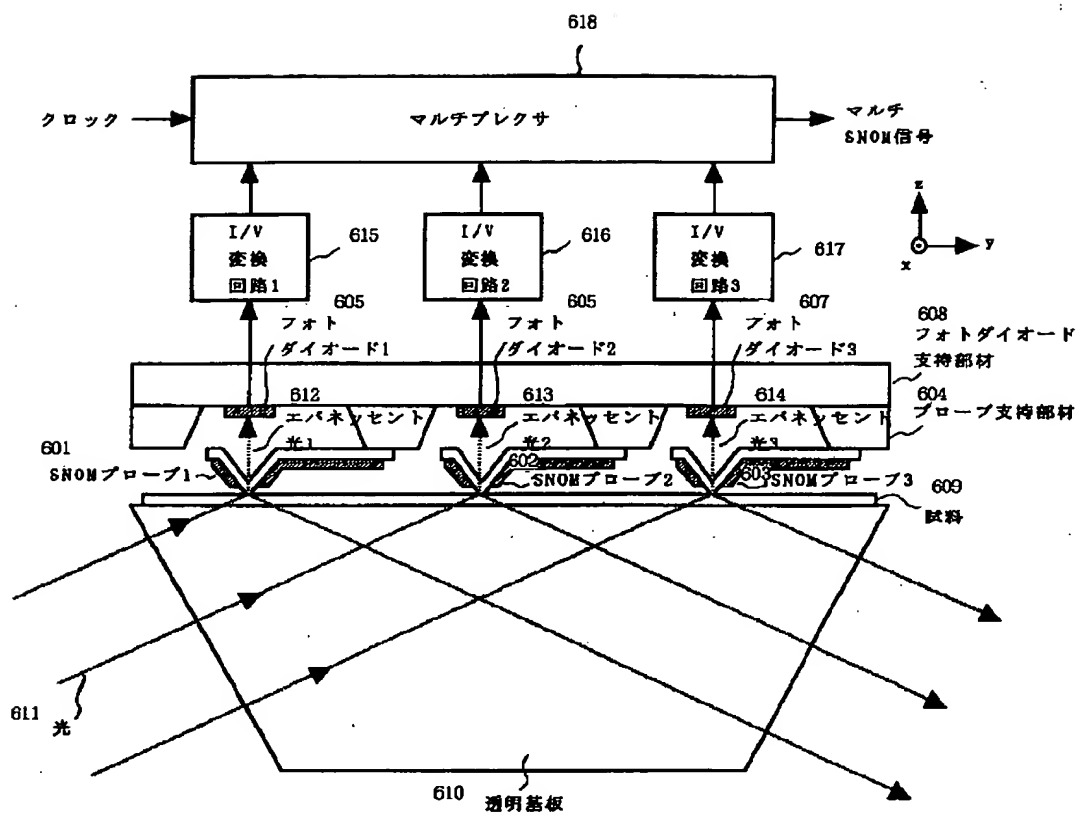
【図3】



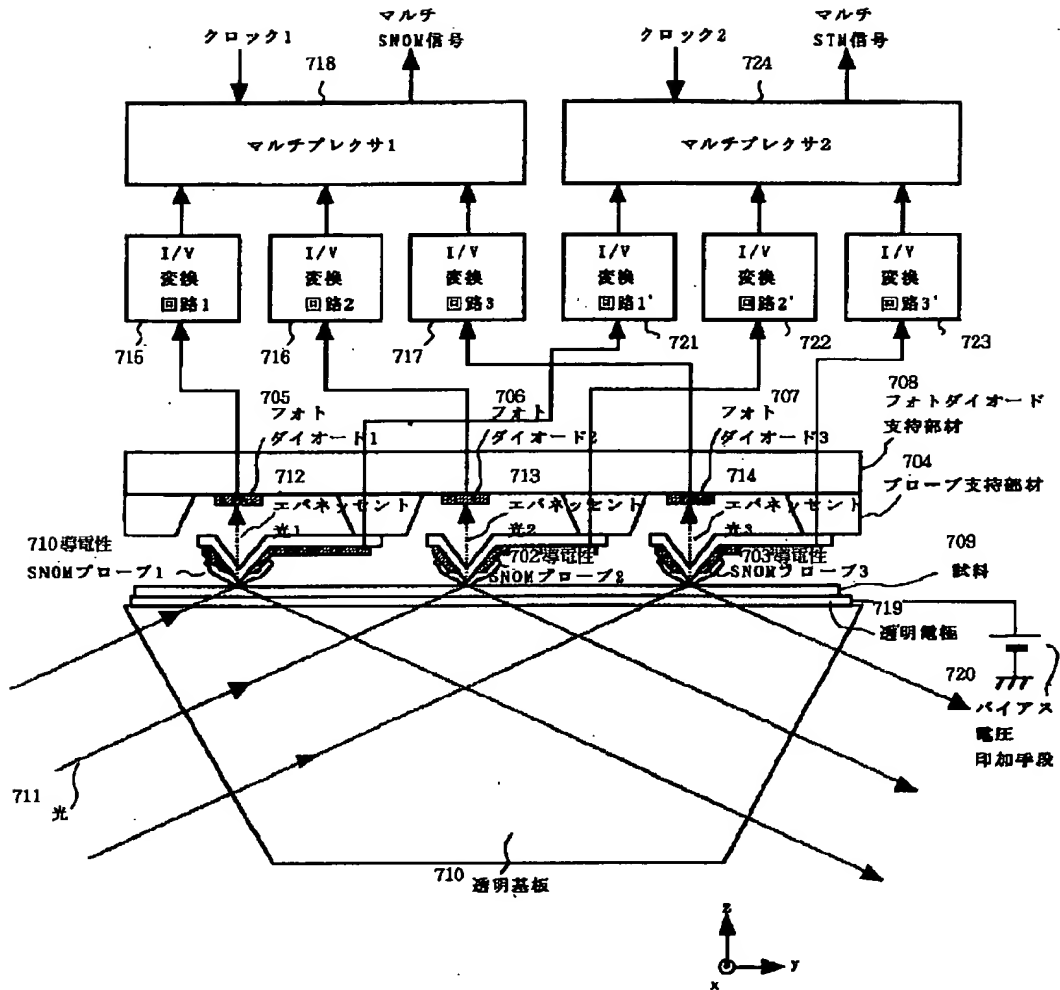
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

